



⑮ **BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND**



**DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT**

⑫ **Offenlegungsschrift**
⑩ **DE 198 49 318 A 1**

⑤① Int. Cl. 7:
H 04 J 13/02
H 04 L 27/34

⑦① Aktenzeichen: 198 49 318.5
⑦② Anmeldetag: 26. 10. 1998
⑦③ Offenlegungstag: 27. 4. 2000

DE 198 49 318 A 1

⑦① Anmelder:
Rohde & Schwarz GmbH & Co KG, 81671 München,
DE

⑦④ Vertreter:
Mitscherlich & Partner, Patent- und Rechtsanwälte,
80331 München

⑦② Erfinder:
Lauterjung, Jürgen, Dr.-Ing., 82008 Unterhaching,
DE; Balz, Christoph, Dipl.-Ing., 81543 München, DE

⑤⑥ Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
zu ziehende Druckschriften:
DE 196 38 404 C1
DE 195 18 858 C1
US 57 99 005 A
US 57 57 791 A

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

- ⑤④ Verfahren zum Verarbeiten von durch ein Mehrantennensystem gleichzeitig empfangenen OFDM-Signalen
⑤⑦ Zum Verarbeiten von durch ein Mehrantennensystem mit mehreren getrennten Empfangskanälen gleichzeitig empfangenen OFDM-Signalen werden in den Empfangskanälen in bekannter Weise für jeden Träger des OFDM-Signals die Kanalkorrekturwerte oder die Vertrauenswürdigkeitswerte ermittelt und die im OFDM-Demodulator gewonnenen I/Q-Werte jedes einzelnen Trägers des OFDM-Signals werden mit diesen Kanalkorrekturwerten oder Vertrauenswürdigkeitswerten gewichtet, anschließend werden die so gewichteten I/Q-Werte aufsummiert.

DE 198 49 318 A 1

BEST AVAILABLE COPY

Die Erfindung betrifft ein Verfahren laut Oberbegriff des Hauptanspruches.

Zur Datenübertragung (Ton, Bilder oder andere Daten) finden in der modernen Digitaltechnik sogenannte OFDM-Systeme (Orthogonal-Frequency-Division Multiplex) bzw. COFDM-Systeme (Coded OFDM) Anwendung. Bei diesem Prinzip wird der digitale Datenstrom vor der Aussendung über ein Sendernetz in viele Teilsignale aufgespalten, von denen jedes auf einem einzelnen Träger getrennt übertragen wird. Beim sogenannten DVB-T-System (Digital-Video-Broadcasting, terrestrial), das auch zur Übertragung von Daten allgemeiner Art dient, werden beispielsweise 1705 oder 6817 Einzelträger benutzt. Im Empfänger werden diese Teilinformationen wieder zu einer Gesamtinformation des sendeseitigen digitalen Datenstromes zusammengefaßt.

Diese OFDM-Systeme sind bezüglich sendersseitiger Aufbereitung und empfangsseitiger Rückgewinnung der Daten genormt (für DAB beispielsweise im DAB-Standard ETS 300401, für DVB-T im Standard ETS 300744). Gemeinsam ist diesen OFDM-Systemen, daß empfangsseitig das von einer Antenne empfangene Hochfrequenzsignal vorzugsweise nach Umsetzung in eine Zwischenfrequenz in einem OFDM-Demodulator demoduliert wird und so für jeden einzelnen Träger die zugehörigen I/Q-Werte gewonnen werden. Beim sogenannten pilottonkorrigierten OFDM-System, wie es bei DVB-T angewendet wird, wird gleichzeitig aus den mitübertragenen Pilotönen ein Kanalkorrekturwert ermittelt. Für jeden einzelnen Träger wird jeder I/Q-Wert mit dem jeweiligen Kanalkorrekturwert komplex multipliziert. Auf diese Weise wird erreicht, daß alle Träger konstante Amplituden besitzen, eventuelle Amplitudeneinbrüche einzelner Träger des Gesamt Empfangsbandes, beispielsweise hervorgerufen durch Mehrweg-Empfangsstörungen, werden entsprechend kompensiert und ausgeglichen.

Bei solchen Systemen ist es außerdem üblich, zusätzlich zu den einzelnen Daten auch noch sogenannte Vertrauenswürdigkeits-Werte (Confidence) zu ermitteln und damit die Weiterverarbeitung der gewonnenen Digitalwerte in sogenannten Soft-Decision-Verfahren zu beeinflussen. Diese beiden bekannten Möglichkeiten zur Korrektur der I/Q-Werte über die Kanalkorrektur bzw. der gewonnenen Digitalwerte durch die Vertrauenswürdigkeits-Werte sind der Stand gegenwärtiger Empfängertechnik.

Zur Verbesserung des Signal/Rausch-Abstandes insbesondere für den mobilen Empfang solcher OFDM-Signale ist es bekannt, ein Mehrantennensystem mit zwei oder mehr Antennen und entsprechend zugeordneten getrennten Empfangskanälen vorzusehen und die analogen Empfangssignale im Empfänger in der HF- oder ZF-Ebene dieser mehreren Empfangskanäle zu kombinieren. Die Analogsignale der einzelnen Empfangskanäle werden dabei beispielsweise in Abhängigkeit von der Empfangsleistung frequenzabhängig gewichtet aufsummiert. Dabei werden jedoch nicht nur die Nutzsignale, sondern auch die Rauschanteile kombiniert und es ergibt sich im Prinzip sogar eine Verschlechterung des Signalrauschabstandes im Vergleich zum für das jeweilige Teilband günstigsten Empfangskanal. Diese analogen Kombinationsverfahren sind außerdem sehr aufwendig und folgen nur relativ langsam den jeweiligen Kanaleigenschaften. Sie weisen bei frequenzselektiver Aufsummierung nur relativ flache Selektionskurven auf, d. h. scharfe Einbrüche im Empfangsfrequenzbereich können nicht korrigiert werden.

Es ist daher Aufgabe der Erfindung, ein Verfahren zum Kombinieren von durch ein Mehrantennensystem gleichzeitig empfangenen OFDM-Signalen aufzuzeigen, das diese

Nachteile vermeidet und zu einer deutlichen Verbesserung des Empfangs führt.

Diese Aufgabe wird ausgehend von einem Verfahren laut Oberbegriff des Hauptanspruches durch dessen kennzeichnende Merkmale gelöst. Vorteilhafte Weiterbildungen ergeben sich aus den Unteransprüchen.

Gemäß der Erfindung werden in jedem einzelnen Empfangskanal des Mehrantennensystems die dort nach dem jeweiligen Standard sowieso gewonnenen Werte für Kanalkorrektur (Chanel Correction) oder Vertrauenswürdigkeit (Confidence) für eine entsprechende Gewichtung der demodulierten I/Q-Werte benutzt. Beim DAB-System, bei dem in an sich bekannter Weise die Vertrauenswürdigkeits-Werte bestimmt werden, können mit diesen gemäß der Erfindung die jeweiligen I/Q-Werte entsprechend gewichtet aufsummiert werden und so ein entsprechender Mittelwert aus den jeweiligen Empfangszweigen mit einem guten Signalausgang für das Empfangssignal aus den einzelnen Empfangssignalen des Mehrantennensystems gewonnen werden, was vor allem für den mobilen Empfang von DAB-Signalen von Vorteil ist, da hierbei aufgrund der Eigenschaften des Übertragungskanals eine schwierigere Empfangssituation gegeben ist als bei einem stationären Empfang. Es können so Fading-Störungen ausgeglichen werden.

Besonders vorteilhaft ist es, diese Korrektur in Abhängigkeit von den Kanalkorrekturwerten vorzunehmen, wie sie beim DVB-T-System vorgesehen sind. Hier ist ebenfalls ein mobiler Empfang mit gutem Signalausgang möglich, wobei diese gewichtete Bewertung der empfangenen Signale in den einzelnen Empfangskanälen einen besonders einfachen Auswertalgorithmus ermöglicht.

Die Erfindung wird im Folgenden anhand schematischer Zeichnungen an zwei Ausführungsbeispielen näher erläutert.

Fig. 1 zeigt das Prinzipschaltbild einer Empfangsanordnung zur Verarbeitung von pilottongestützten OFDM-Signalen mit einer digitalen Zusammenführung der Signale der einzelnen Träger des Mehrantennensystems vor dem Entscheider. Die empfangenen Multiträger-OFDM-Signale werden über mehrere Antennen A1 bis An empfangen und können ggfs. über einzelne Empfänger E1, E2 bis En in eine geeignete Zwischenfrequenz umgesetzt werden. Alle Empfänger E1 bis En sind auf die gleiche Empfangsfrequenz eingestellt, gegebenenfalls kann die Abwärtsmischung in die Zwischenfrequenz der Einfachheit halber mit einem gemeinsamen Oszillator realisiert sein. Anschließend wird in jedem der n Empfangskanäle die Demodulation der OFDM-Signale jeweils in getrennten Demodulatoren D1 bis Dn durchgeführt und gleichzeitig werden auch die zugehörigen Kanalkorrekturwerte gewonnen, die ein Maß für den Pegel der einzelnen Träger des Multiträgersystems sind und damit auch ein Maß für die Wahrscheinlichkeit dafür, daß das mit diesem Träger übertragene Symbol korrekt ist.

Die am Ausgang der Demodulatoren zur Verfügung stehenden I/Q-Werte für jeden einzelnen Träger werden einer Zeitsynchronisationseinrichtung S zugeführt, dort werden durch entsprechende Verzögerungseinrichtungen eventuelle zeitliche Verschiebungen der insgesamt n I/Q-Signale ausgeglichen, so daß am Ausgang dieser Zeitsynchronisationseinrichtung S zur selben Zeit die I/Q-Werte von korrespondierenden Trägern anliegen, die dann einer Recheneinrichtung R zugeführt und dort wie nachfolgend beschrieben verarbeitet werden. Die Zeitsynchronisation kann mit den aus den OFDM-Demodulatoren stammenden Synchronisations-Flags durchgeführt werden.

Bevor die so in bekannter Weise aufbereiteten I/Q-Werte im Entscheider (Demapping) M zu einzelnen Bits reduziert werden, werden sie in der Recheneinrichtung R mit einem

Wert k , der proportional zum Kehrwert der jeweiligen Kanalkorrektur ist, komplex multipliziert und so gewichtet. Diese Gewichtung wird zunächst für alle n Empfangskanäle für jeden I/Q -Wert einzeln durchgeführt. Dabei erhalten I/Q -Werte ein besonders hohes Gewicht, wenn sie möglichst wenig durch die Kanalkorrektur verändert werden. Anschließend werden alle einander zugeordneten I/Q -Werte aufsummiert und dann durch die Summe aller Gewichte geteilt. Fig. 2 zeigt diese Art von Wichtung und Aufsummierung für zwei Antennen A1 und A2. Über die Antenne A1 werden von den insgesamt 1705 oder 6817 einzelnen Trägern des Systems bei der Frequenz f_1 der dort empfangene Träger infolge von Fading nur mit verringerter Amplitude empfangen. Dies wird durch den Kehrwert k_1 der für diesen Empfangskanal gewonnenen Kanalkorrektur ausgedrückt. Der Träger bei der Frequenz f_1 wird also mit einem relativ geringen Wert gewichtet, beispielsweise nur mit dem Kanalkorrekturwert 2, während die Träger im Bereich unterhalb und oberhalb der Frequenz f_1 die mit vollem Pegel empfangen werden, sehr hoch gewichtet werden, beispielsweise mit dem Gewicht 10. Bei der Antenne A2 liegt dieser gering bewertete Empfangsbereich an einer anderen Stelle bei der Frequenz f_2 .

Wenn nun die so unterschiedlich mit beispielsweise 2 und 10 im Bereich f_1 gewichteten I/Q -Werte aufsummiert und schließlich durch die Gesamtanzahl aller Gewichte (im Beispiel 12) geteilt werden, so wird ein Mittelwert gewonnen, der über den Gesamtfrequenzbereich einen konstanten guten Empfangswert besitzt. Die so in der Recheneinrichtung R gewonnenen gemittelten I/Q -Werte werden dann dem Entscheider M zugeführt und dort in bekannter Weise weiter ausgewertet. Es kann dort gegebenenfalls auch die Vertrauenswürdigkeit (Confidence) der Information berechnet werden. Anschließend werden die Daten in einem üblichen Viterbi-Decoder V mit Softdecision weiterverarbeitet.

Fig. 3 zeigt ein Ausführungsbeispiel einer Empfangsanordnung zur Verarbeitung von OFDM-Signalen in einem Mehrantennensystem durch digitale Zusammenführung nach dem Entscheider M. In manchen Fällen stehen die I/Q -Werte nicht vor dem Entscheider für eine Weiterverarbeitung zur Verfügung, sondern erst nach dem Entscheider M, der in diesem Fall zum Beispiel für jeden einzelnen Empfangskanal in den Demodulator D1 integriert ist. Am Ausgang des Demodulators stehen also bereits die zu einzelnen Bits reduzierten Datenworte zur Verfügung und zwar zusammen mit den ebenfalls in den Entscheidern M1 bis Mn berechneten Vertrauenswürdigkeits-Werten, die nach der Zeitsynchronisation in der Zeitsynchronisationseinrichtung S in der Recheneinrichtung R wie folgt gewichtet und weiterverarbeitet werden.

Jedes einzelne Datenwort der n Empfangskanäle wird mit Hilfe eines geeigneten Algorithmus zurückgeführt auf die ursprünglichen I/Q -Werte. Die so gewonnenen entsprechenden I/Q -Werte werden dann mit dem Wert der jeweiligen Vertrauenswürdigkeits-Information komplex multipliziert, anschließend werden alle so gewichteten I/Q -Werte wieder wie im Zusammenhang mit Fig. 2 beschrieben aufsummiert und dann durch die Anzahl aller Gewichte geteilt. Der so ermittelte Mittelwert aller I/Q -Werte wird dann nach der Reduktion der I/Q -Werte auf die Datenbits wieder dem Viterbi-Decoder mit Softdecision V zugeführt und weiterverarbeitet.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Verarbeiten von durch ein Mehrantennensystem mit mehreren getrennten Empfangskanälen gleichzeitig empfangenen OFDM-Signalen, da-

durch gekennzeichnet, daß in den Empfangskanälen in bekannter Weise für jeden Träger des OFDM-Signals die Kanalkorrekturwerte oder die Vertrauenswürdigkeitswerte ermittelt werden, die im OFDM-Demodulator gewonnenen I/Q -Werte jedes einzelnen Trägers des OFDM-Signals mit diesen Kanalkorrekturwerten oder Vertrauenswürdigkeitswerten gewichtet werden und die so gewichteten I/Q -Werte dann aufsummiert werden.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die I/Q -Werte jeweils mit dem Kehrwert der Kanalkorrekturwerte oder der Vertrauenswürdigkeitswerte multipliziert werden und die so gewichteten I/Q -Werte dann aufsummiert und durch die Anzahl aller Gewichte geteilt werden.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die I/Q -Signale am Ausgang des Demodulators einer Zeitsynchronisationseinrichtung zugeführt werden, so daß die I/Q -Signale von korrespondierenden Trägern der einzelnen Empfangskanäle jeweils zu gleicher Zeit für die Weiterverarbeitung zur Verfügung stehen.

4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die nach dem Entscheider verfügbaren Datenworte in ihre ursprünglichen I/Q -Werte rückgerechnet und dann mit den Vertrauenswürdigkeitswerten gewichtet werden.

Hierzu 3 Seite(n) Zeichnungen

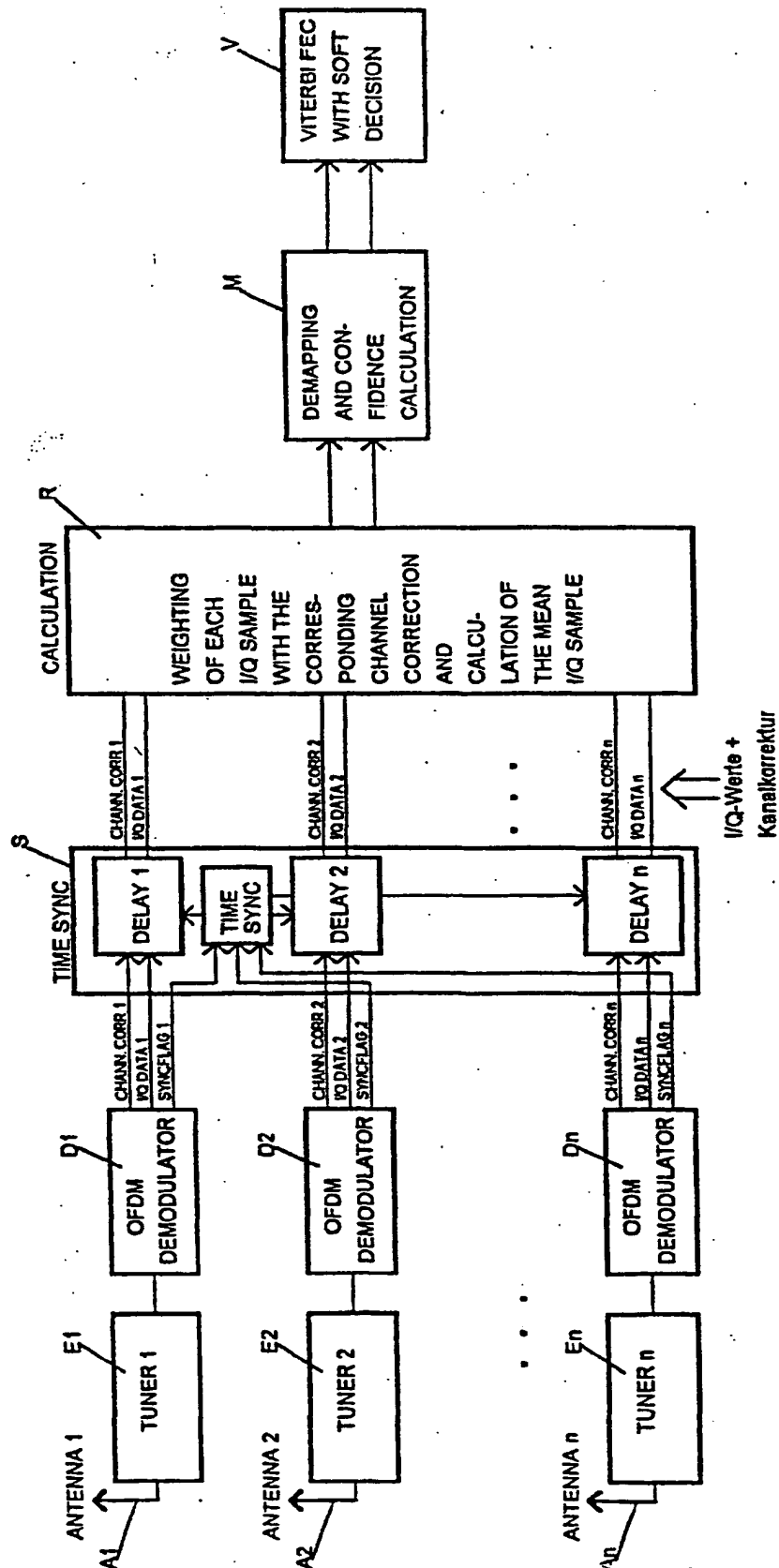


Fig. 1

BEST AVAILABLE COPY

002 017/613

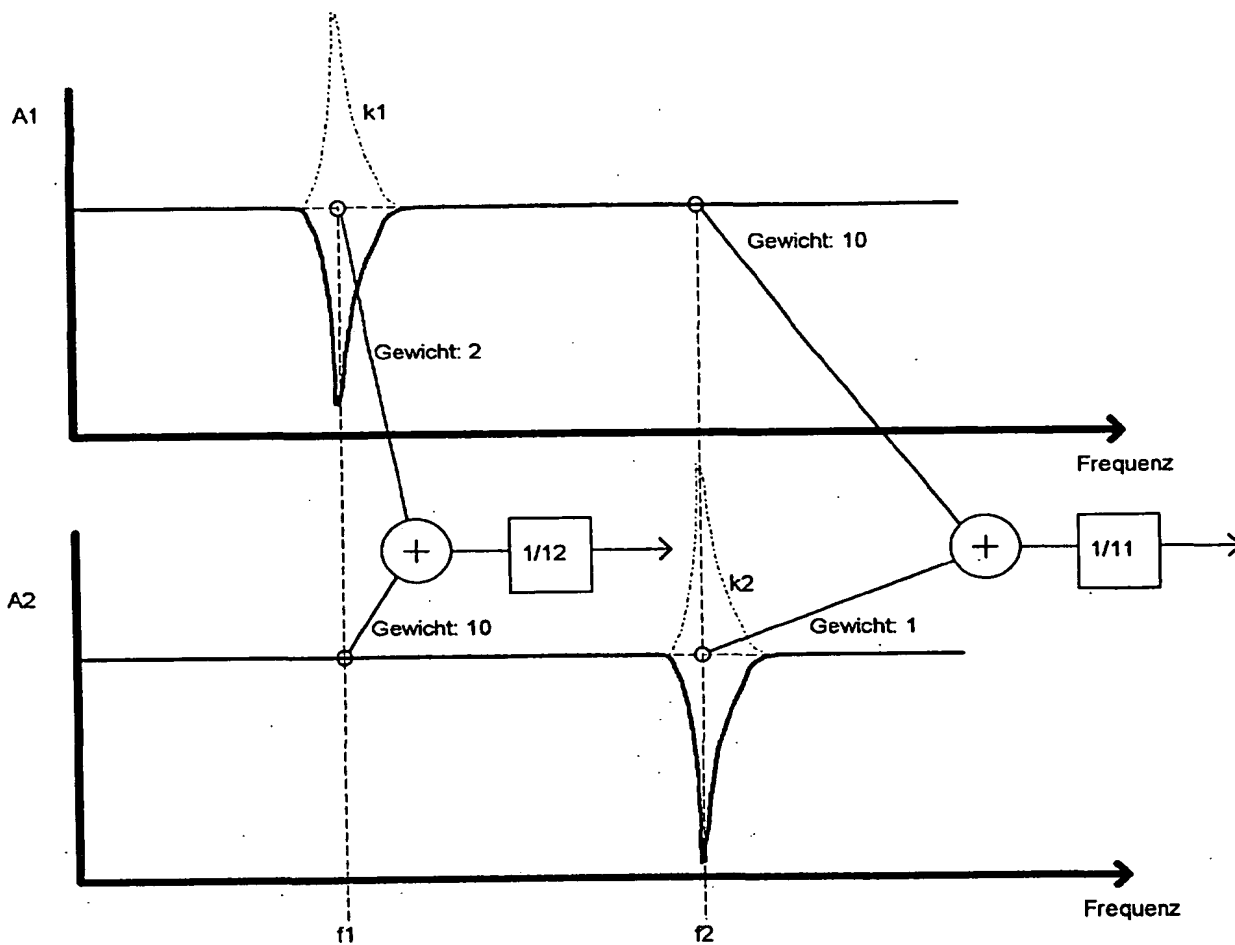
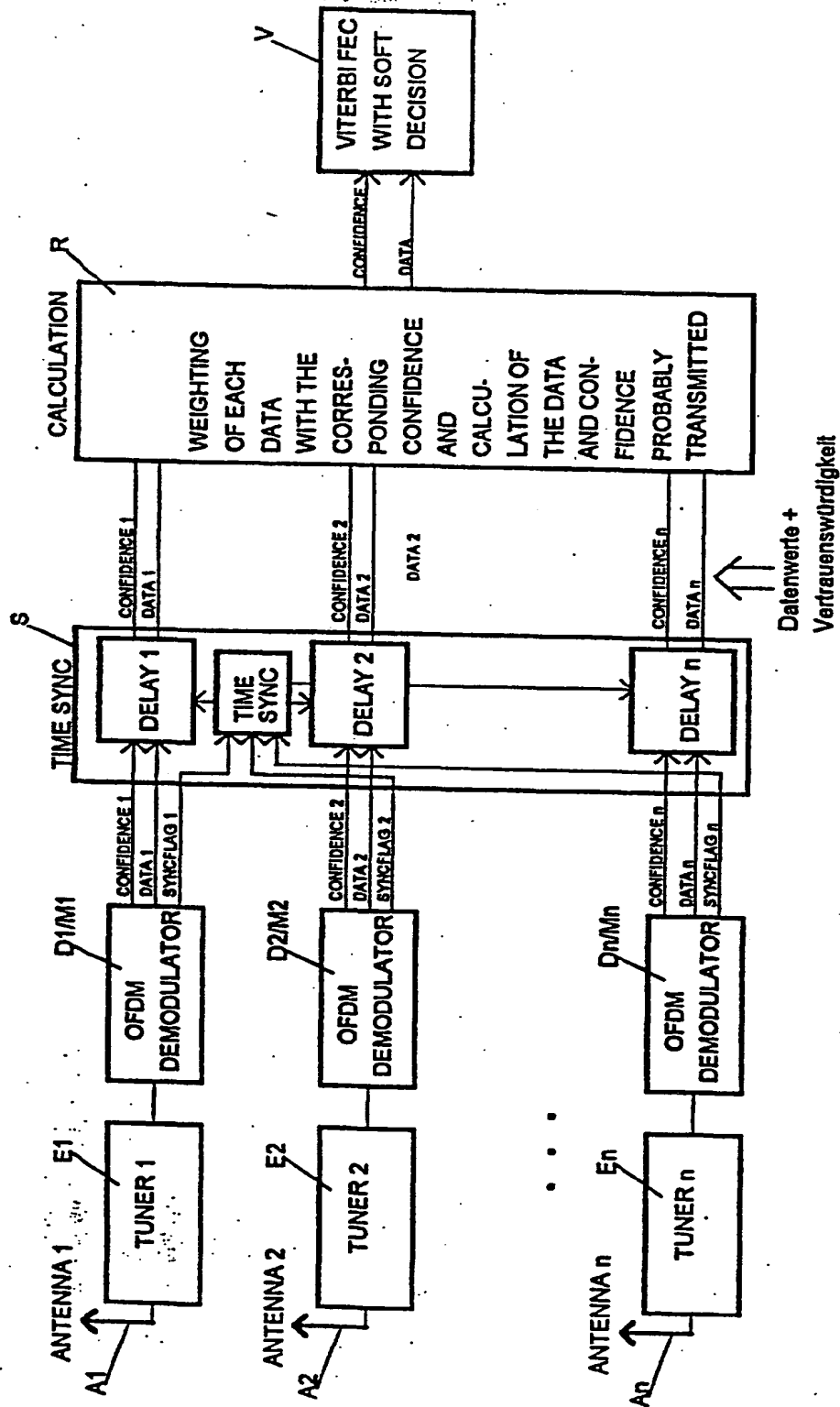


Fig. 2



BEST AVAILABLE COPY